# การวัดปริมาณตริเตียมระดับต่ำในน้ำบาดาล และ น้ำฝน
# โดยใช้เครื่องวัดรังสีแบบซิลทิลเลชันของเหลว

นายพิสิฏฐ์ สุนทราภัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539
ISBN 974-635-779-4
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17380510

# LOW-LEVEL TRITIUM MEASUREMENT IN GROUND WATER AND RAIN WATER USING LIQUID SCINTILLATION COUNTER

Mr. Pisit Suntarapai

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Nuclear Technology
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1996

ISBN 974-635-779-4

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การวัดปริมาณตริเตียมระดับต่ำในน้ำบาดาล และ น้ำฝนโดยใช้เครื่องวัดรังสีแบบซิลทิลเลชันของเหลว |
| โดย | นายพิสิฏฐ์ สุนทราภัย |
| ภาควิชา | นิวเคลียร์เทคโนโลยี |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | นางสาวสมคิด บัวเพ็ง |

---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
( ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงค์ )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว )

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์ )

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
( นางสาวสมคิด บัวเพ็ง )

..... กรรมการ
( อาจารย์ อรรถพร ภัทรสุมันต์ )

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

พิสิฏฐ์ สุนทราภัย : การวัดปริมาณตริเตียมระดับต่ำในน้ำบาดาลและน้ำฝนโดยใช้เครื่องวัดรังสีแบบซิลทิลเลชันของเหลว ( LOW-LEVEL TRITIUM MEASUREMENT IN GROUND WATER AND RAIN WATER USING A LIQUID SCINTILLATION COUNTER ) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ชยากริต ศิริอุปถัมภ์ , อ. ที่ปรึกษาร่วม : นางสาวสมคิด บัวเพ็ง , 55 หน้า . ISBN 974-635-779-4.

ได้ทำการวัดปริมาณตริเตียมระดับต่ำในน้ำจากธรรมชาติ ได้แก่น้ำฝนและน้ำใต้ดิน โดยวิธีการเพิ่มความเข้มข้นตริเตียมโดยใช้วิธีเทคนิคอิเล็กโตรลิซีส 1 ขั้น เพิ่มความเข้มข้นขึ้นประมาณ 30 เท่า และวัดรังสีแบบซิลทิลเลชันของเหลว ทำให้สามารถวัดปริมาณตริเตียมในตัวอย่างน้ำได้ในระดับขีดจำกัดต่ำสุด 0.1 TU โดยที่วิธีการวัดปริมาณตริเตียมโดยไม่ผ่านการเพิ่มความเข้มข้นจะมีขีดจำกัดต่ำประมาณ 3.5 TU ที่ระดับความแรงรังสีของแบคกราวด์ในการทดลอง

การวัดปริมาณตริเตียมในน้ำฝนที่เก็บตัวอย่างระหว่างปี 2538 - 2539 ในพื้นที่แถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคใต้ พบว่ามี Tritium content อยู่ระหว่าง $2.0 \pm 0.1$ ถึง $8.2 \pm 0.1$ TU ในระหว่างปีเดียวกันปริมาณตริเตียมที่เก็บจากน้ำฝนบริเวณสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติมีค่าสูงสูงอยู่ระหว่าง $7.5 \pm 0.1$ ถึง $22.1 \pm 0.5$ TU ส่วนการวัดปริมาณตริเตียมในน้ำบาดาลจากจังหวัดขอนแก่น มหาสารคาม มีค่าระหว่าง $0.1 \pm 0.0$ ถึง $4.1 \pm 0.2$ TU

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

## C618712 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY
KEY WORD: LOW-LEVEL TRITIUM MEASUREMENT / GROUND WATER / RAIN WATER / LIQUID SCINTILLATION. PISIT SUNTARAPAI : LOW-LEVEL TRITIUM MEASUREMENT IN GROUND WATER AND RAIN WATER USING A LIQUID SCINTILLATION COUNTER. THESIS ADVISOR: ASST.PROF. CHAYAKRIT SIRIUPATHAM. THESIS CO-ADVISOR : MISS SOMKID BUAPENG. 55 pp. ISBN 974-635-779-4

The measurement of low level tritium content in some natural water samples : rain water and ground water samples were conducted using electrolytic enrichment method and ultra low level liquid scintillation counting enabled measuring tritium content in water samples down to a detection limit of 0.1 TU . As for the same measurement without enrichment the minimum detection limit is calculated to be 3.5 TU .

The measurement of tritium content in rain water samples collected during 1995 - 1996 from Northeast , East , Central and South were found to be from 2.0 $\pm$ 0.1 - 8.2 $\pm$ 0.1 TU . In the same period , the tritium content in rain water collected at the Office of Atomic Energy for Peace were found to be 7.5 $\pm$ 0.1 - 22.1 $\pm$ 0.5 TU . The measurement of tritium content in ground water samples from Khonkaen and Mahasarakham collected during 1995 - 1996 were also measured for tritium and found to be from 0.1 $\pm$ 0.0 - 4.1 $\pm$ 0.2 TU .

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์ ผู้อำนวยการศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ นางสาวสมคิด บัวเพ็ง หัวหน้าฝ่ายวิชาการและแผนงานน้ำบาดาล กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งท่านทั้งสองได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และข้อเสนอแนะต่างๆในงานวิจัยเป็นอย่างดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ นางดุษฎี ทันตวิวัฒนานนท์ หัวหน้าฝ่ายพัฒนาการป้องกันอันตรายจากรังสี กองสุขภาพ นายพูลสุข พงษ์พัฒน์ ผู้อำนวยการกองสุขภาพ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่ได้สนับสนุนและให้ความคิดเห็นในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ นายมานิตย์ ซ้อนสุข หัวหน้าฝ่ายเคมีวิเคราะห์ กองเคมี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่ได้ให้คำแนะนำและอนุเคราะห์การใช้เครื่องวัดรังสีแบบซิลทิลเลชันของเหลว

ขอขอบพระคุณภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ ..... ฎ
บทที่
1 บทนำ
ความเป็นมาของปัญหา ..... 1
วัตุประสงค์ของการวิจัย ..... 4
ขอบเขตการวิจัย ..... 4
ขั้นตอนการวิจัย ..... 4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 5

2 ทฤษฎี
ตริเตียม ..... 7
แหล่งกำเนิดตริเตียม ..... 8
การแลกเปลี่ยนไอโซโทป ..... 10
คุณสมบัติของน้ำตริเตียม ..... 11
การกำหนดช่วงเวลาของไอโซโทปตริเตียมใน Precipitation ..... 12
การประยุกต์ใช้ไอโซโทปตริเตียมในการศึกษาเกี่ยวกับน้ำ ..... 13
เครือข่ายการตรวจวัดไอโซโทปในน้ำ ..... 13
การเพิ่มความเข้มข้นตริเตียม ..... 17
เทคนิควิธีในการเพิ่มความเข้มข้นตริเตียมในตัวอย่างน้ำ ..... 17
การเพิ่มความเข้มข้นตริเตียมในตัวอย่างน้ำด้วยเทคนิคอิเลคโตรไลซีส ..... 18
เครื่องวัดรังสีแบบซิลทิลเลชันในของเหลว ..... 24

หลักการวัดรังสีแบบซิลทิลเลชันในของเหลว ..... 24
ความไวในการนับรังสีสูงสุด ..... 26
การนับรังสีตริเตียมของตัวอย่างที่เพิ่มความเข้มข้นแล้ว..... 26
3 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย
วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ..... 29
สารรังสีมาตรฐาน ..... 29
Liquid Scintillator ..... 29
สารเคมีทั่วไป ..... 29
อุปกรณ์และเครื่องมือ ..... 29
ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย ..... 30
การทดสอบคุณสมบัติของ Liquid Scintillator ..... 30
การทดลองหา Figure of Merit (FM) และCounting Efficiency (E ) ..... 31
การหาค่า Enrichment Factor ของชุด Electrolytic Cell ..... 31
การตรวจสอบ Contamination จากผลของ Memory Effect ..... 32
การวัดปริมาณตริเตียมในตัวอย่างน้ำบาดาล ..... 33
การวัดปริมาณตริเตียมในตัวอย่างน้ำฝน ..... 33
4 ผลการวิจัย
ผลการทดสอบคุณสมบัติของ Liquid Scintillator ..... 34
ผลการหา Figure of Merit (FM) และCounting Efficiency (E) ..... 38
การตรวจวัดติดตามค่า Enrichment Factor ( R) ของชุด Electrolytic Cell .. 41
ผลการตรวจสอบ Contamination จากผลของ Memory Effect ..... 43
ผลการวัดปริมาณตริเตียมในตัวอย่างน้ำบาดาล ..... 44
ผลการวัดปริมาณตริเตียมในตัวอย่างน้ำฝน ..... 44
5 ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
สรุปผลการวิจัย ..... 47
ข้อเสนอแนะ ..... 49
รายการอ้างอิง ..... 50
ภาคผนวก ..... 53
ประวัติผู้เขียน ..... 55

# สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ไอโซโทปของไฮโดรเจน ..... 7
ตารางที่ 2.2 Tritium emissions and transfers from various power reactors ..... 9
ตารางที่ 2.3 Equilibrium constants for the reaction $HT + H_2O \rightleftharpoons HTO + H_2$ ..... 10
ตารางที่ 2.4 ความหนาแน่นสูงสุดของน้ำ ..... 11
ตารางที่ 2.5 Thermodynamic properties of the oxides of hydrogen isotopes ..... 12
ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบปริมาณตริเตียมใน precipitation ที่บริเวณส่วนต่างๆของโลก .... 15
ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของสารละลายผสม ..... 35
ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพการนับรังสี และFigure of Merit ที่ window setting ต่างๆ ..... 38
ตารางที่ 4.3 ค่า Enrichment Factor ของชุด Electrode&Electrolytic Cell ครั้งที่ 1 ..... 41
ตารางที่ 4.4 ค่า Enrichment Factor ของชุด Electrode&Electrolytic Cell ครั้งที่ 2 ..... 42
ตารางที่ 4.5 ผลการตรวจสอบ Memory effect ของชุด Electrode&Electrolytic Cell ..... 43
ตารางที่ 4.6 ผลการวัดปริมาณตริเตียมในน้ำบาดาล ..... 45
ตารางที่ 4.7 ผลการวัดปริมาณตริเตียมในน้ำฝน ..... 46

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1 Decay scheme of tritium isotope ..... 7
รูปที่ 2.2 Tritium inventory ..... 9
รูปที่ 2.3 Stations co-operating in the IAEA/WMO isotopes in precipitation network ..... 14
รูปที่ 2.4 Electrode & Electrolytic Cell ..... 19
รูปที่ 2.5 การถ่ายทอดพลังงานในระบบวัดรังสีแบบซิลทิลเลชันของเหลว ..... 25
รูปที่ 4.1 Statistics of count rate distribution using diffusion scintillator interval 30 days counting ..... 36
รูปที่ 4.2 Statistics of count rate distribution using non-diffusion scintillator interval 30 days counting ..... 37
รูปที่ 4.3 Tritium spectrum and window setting for optimum measurement ..... 40

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ

| | | |
|---|---|---|
| B | = | background |
| Bq | = | Becquerel |
| cpm | = | count per minute |
| dpm | = | disintegration per minute |
| E | = | Efficiency |
| g. | = | gram |
| k | = | Conversion Factor |
| LSC | = | Liquid Scintillation Counter |
| ml. | = | millilirte |
| N | = | net count |
| R | = | Enrichment Factor |
| SBE | = | Spike Before Enrichment |
| SAE | = | Spike After Enrichment |
| T | = | tritium |
| TU | = | Tritium Unit |
| TR | = | Tritium Ratio |
| IAEA | = | International Atomic Energy Agency |
| WMO | = | World Meteorological Organization |
| NIST | = | National Institute of Standard and Technology |
| $CO_2$ | = | carbon dioxide |
| $H_2$ | = | hydrogen |
| $Na_2O_2$ | = | sodium peroxide |
| $Na_2CO_3$ | = | sodium carbonate |
| $O_2$ | = | oxygen |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย